

LC 14: Molécules d'intérêt biologique

Sadek Al-Jibouri et Isabelle Safa

Niveau : 1ère ST2S

Prérequis

- Nomenclature des fonctions chimiques organiques
- Représentation topologique, semi-développée
- Solvant polaire, apolaire, liaisons hydrogènes

Élément imposé : *Mettre en œuvre un processus de saponification.*

NB : L'élément imposé appartient explicitement au programme de Tle ST2S.

Expériences

- ☞ test au réactif de Fehling
- ☞ saponification [+ calcul de rendement]

Références

- [1] Florence Porteu-de Buchère. L'épreuve orale du CAPES de chimie : se préparer efficacement à l'exposé expérimental et à l'épreuve sur dossier cours, montages et exercices corrigés. Sciences sup Chimie. Dunod, Paris, [2e édition]. édition, 2012.

Table des matières

1 Les glucides	2
1.1 Les glucides sont des sucres	2
1.1.1 Glucides simples	2
1.1.2 Glucides complexes	3
1.2 Les fonctions chimiques sur les glucides	3
1.3 Utilisation par l'organisme	3
1.4 Les glucides sont solubles dans l'eau	4
2 Les lipides	4
2.1 Les lipides sont les graisses	4
2.2 Les acides gras	4
2.3 Triglycérides	4
3 Molécules amphiphiles	4
3.1 Savon	4

Objectifs pédagogiques

- Associer une structure à un nom de molécule et une fonction dans l'organisme.
- Reconnaître les fonctions chimiques au sein d'une molécule.
- Mettre en application les notions de solubilité, de liaison polaire, de solvant polaire.

Quelle est la structure des molécules d'intérêt biologique ?	
Glucides	Identifier quelques fonctions présentes dans les glucides, les lipides, les protéines. Savoir que les molécules de glucose, de fructose et de lactose existent sous forme linéaire ou cyclique. <i>Mettre en œuvre un protocole permettant de différencier les fonctions aldéhyde et cétone dans les glucides.</i>
Lipides à partir des exemples des acides gras saturés ou insaturés, des triglycérides, des stérols	Définir un acide gras, un triglycéride. Commenter la structure saturée ou insaturée de quelques acides gras : acide α -linoléique, acide palmitique, acide oléique, acide stéarique.
Acides alpha aminés, protéines	Définir un acide alpha aminé.
Polypeptides, liaison peptidique	Identifier une liaison peptidique. Identifier les acides aminés constitutifs d'un polypeptide.
Urée	Savoir que l'urée est le produit de dégradation des protéines.
Vitamines	<i>Mettre en évidence les propriétés chimiques de la vitamine C en lien avec ses fonctions chimiques.</i>
Hydrophobie et hydrophilie	Interpréter qualitativement la formation de micelles.
Miscibilité	<i>Proposer et/ou mettre en œuvre un protocole illustrant les solubilités de différentes substances moléculaires.</i>
Phase aqueuse et phase organique	<i>Situer les phases aqueuse et organique à partir de la donnée des densités. Proposer et/ou mettre en œuvre un protocole de séparation de phases et un protocole d'extraction.</i>

FIGURE 1 – Extraits de BO concernés

- Faire le lien avec la biologie.

Introduction

Le matin, beaucoup s'amuse à regarder la boîte des céréales qu'ils mangent : permet d'introduire les notions de *glucides* et de *lipides*.

Les molécules, quelques dessins :

1 Les glucides

1.1 Les glucides sont des sucres

On retrouve les glucides dans les fruits, le sucre de table, le miel, mais aussi les céréales, les pommes de terre, les lentilles... On distingue les glucides complexes, souvent appelés sucres lents, et les glucides simples, dits sucres rapides. Les premiers sont hydrolysables en glucides simples, tandis que les seconds sont utilisés tels quels par l'organisme.

1.1.1 Glucides simples

Le **glucose**, le **fructose** et le **galactose** sont des glucides simples. Ils existent sous forme linéaire ou cyclique (dans l'organisme, sous différentes formes cycliques). En solution, il existe un équilibre entre les formes linéaire et cyclique. Ce sont les sucres présents dans les fruits et le miel.

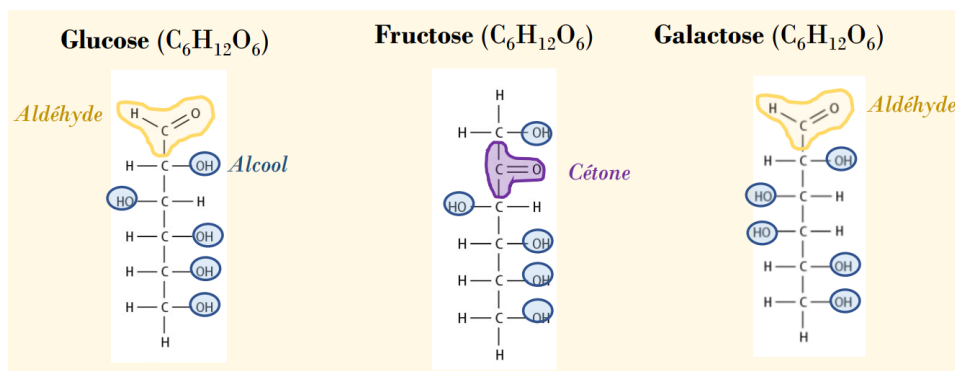


FIGURE 2 – Identification des fonctions chimiques sur trois sucres

1.1.2 Glucides complexes

Certains glucides sont des *dimères* de glucides simples, c'est-à-dire une molécule composée de deux unités de base : par exemple, le **saccharose** est un dimère de glucose et de fructose. C'est le sucre qui est extrait des betteraves sucrières, le sucre semoule que vous mettez dans votre thé ou vos gâteaux. Lors de la digestion, il est séparé en glucose et en fructose pour pouvoir être utilisé. De même, le **lactose**, présent dans le lait, est formé par une liaison entre une molécule de glucose et une molécule de galactose. La séparation du lactose en deux glucides simples nécessite l'intervention d'une **enzyme**, dont certaines personnes manquent : ces personnes-là ne digèrent pas le lait.

D'autres glucides complexes sont des grandes assemblages de glucides simples : l'**amidon**, qu'on retrouve dans les pommes de terre et les céréales, est un *polymère* de glucose. Il se forme tout un réseau de molécules de glucose, qui prend du temps à être découpé en glucides simples par l'organisme : ce sont ceux-là qu'on appelle communément des *sucres lents*. C'est (en partie) pour cela qu'il vaut mieux manger des pâtes que des bonbons à midi, pour avoir de quoi faire fonctionner le corps et la tête tout l'après-midi.

(N'a pas été dit) Chez les plantes, il existe un autre polymère de glucose, la *cellulose*, qui sert principalement de structure pour la plante. Cet arrangement est encore plus solide et compliqué que celui de l'amidon, et trop compliqué à digérer pour nous. On n'a pas les *enzymes* nécessaires. En revanche, c'est un matériau pratique, puisqu'il nous sert par exemple à faire le papier.

1.2 Les fonctions chimiques sur les glucides

Le test au réactif de Fehling : c'est un test qui permet d'identifier la présence de réducteurs dans le milieu. Si, par exemple, j'ai confondu les molécules de glucose, de galactose et de fructose, qu'est-ce qui les distingue ? Ces trois molécules, de formule C₆H₁₂O₆, sont des *isomères de constitution*. Sous forme linéaire, sur la chaîne carbonée, les trois présentent des fonctions alcool (aussi appelées fonctions *hydroxyles*) -OH : c'est une caractéristique des sucres. En revanche, deux de ces molécules présentent une fonction **aldéhyde**, tandis que la dernière présente une fonction **cétone**. Or, la fonction aldéhyde est *réductrice*, et la fonction cétone ne l'est pas. En faisant le test à la liqueur de Fehling, qui contient des ions oxydants Cu²⁺, on devrait avoir une réaction d'oxydo-réduction entre ces ions et la fonction aldéhyde pour l'une de ces deux molécules, et rien pour l'autre. En réagissant avec un aldéhyde (ou n'importe quel réducteur ?), les ions Cu²⁺ forment un précipité CuO₂, de couleur rouge brique caractéristique.

La liqueur de Fehling réagit avec le glucose et le galactose, mais pas avec le fructose. [Pour moi, le réactif de Fehling réagissait avec les trois... Je n'ai présenté que le galactose.]

1.3 Utilisation par l'organisme

Message clé

La dégradation des glucides dans l'organisme et l'utilisation des produits de la réaction **libèrent de l'énergie**.

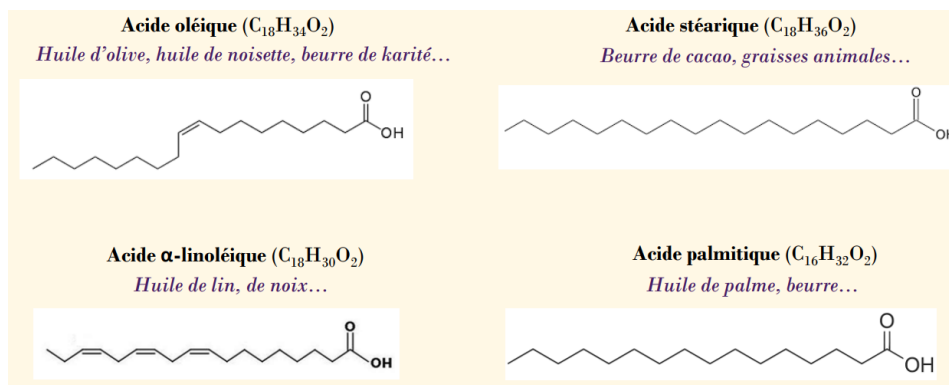


FIGURE 3 – Quelques exemples d'acides gras

1.4 Les glucides sont solubles dans l'eau

Dans l'eau, les glucides se trouvent principalement sous forme cyclique. Les liaisons -OH sont polaires, les glucides sont donc solubles dans les solvants polaires. Comme l'eau l'est également, puisqu'elle comporte des liaisons H-O-H, elle solubilise la molécule par des liaisons hydrogène.

2 Les lipides

2.1 Les lipides sont les graisses

La dégradation des graisses dans l'organisme libère également de l'énergie, mais les huiles ne sont pas miscibles avec l'eau. Pourquoi ? Les lipides portent une longue queue apolaire, formée par une **longue chaîne carbonée** non ramifiée.

2.2 Les acides gras

C'est la forme la plus simple des lipides. "Acide" pour la fonction **acide carboxylique**, "gras" pour la longue chaîne carbonée.

On distingue les acides gras **saturés** et **insaturés**, selon la présence d'insaturations dans la chaîne carbonée.

2.3 Triglycérides

Définition : triester du glycérol et de trois acides gras.

C'est la forme majoritaire sous laquelle se trouvent les lipides dans les huiles. Exemple : la trioléine.

3 Molécules amphiphiles

Ce sont des molécules qui ont une tête polaire, dite **hydrophile**, et une queue apolaire, dite **hydrophobe**. Exemple : l'ion oléate (anion de l'acide oléique).

Ces molécules peuvent servir à stabiliser une phase organique dans une phase aqueuse, et se retrouvent dans le corps humain dans les membranes cellulaires, qui sont une double couche de molécules amphiphiles (bicouche phospholipidique).

En solution aqueuse, les molécules amphiphiles forment des **micelles**.

3.1 Savon

Le savon sert à solubiliser les graisses dans l'eau pour nettoyer les taches, il s'agit de molécules amphiphiles. À partir des triglycérides présents dans les huiles, on peut former des ions carboxylates avec une longue queue apolaire.

Manipulation : saponification rapide (3 mL d'huile d'olive, 2 mL de soude concentrée à 10 M, 1 mL d'éthanol). La réaction survient en mélangeant, sans chauffer à reflux, parce qu'on utilise de petites quantités très concentrées. On peut ensuite effectuer un relargage dans un bécher d'eau salée saturée, puis filtrer sur Büchner (cf p.290 [1]) et vérifier qu'on obtient bien un savon en observant la formation de mousse dans l'eau.

Conclusion

Les lipides et les glucides permettent d'apporter de l'énergie. Les glucides sont solubles dans l'eau alors que les lipides ne le sont pas. Une troisième famille, les molécules amphiphiles, permettent de stabiliser des gouttes d'huile dans de l'eau : c'est le cas du savon.

Réaction de saponification

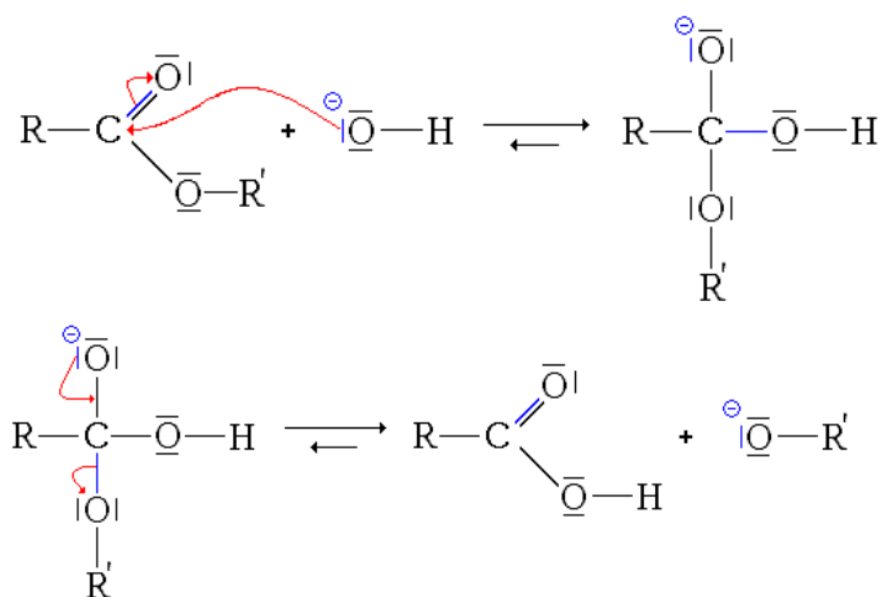
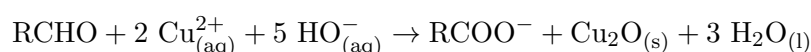


FIGURE 4 – Mécanisme de la réaction de saponification (Wikipédia, aussi trouvable dans [1])

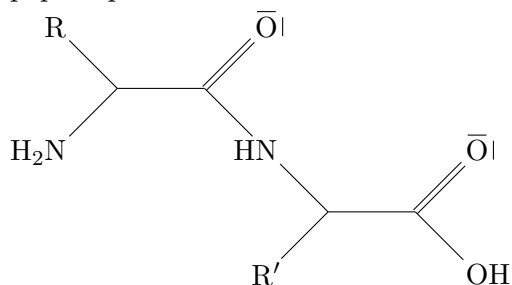
Compléments

Questions

- **Comment s'appelle la représentation linéaire utilisée dans le premier transparent sur les sucres simples ?** Représentation de Fischer.
- **Est-ce qu'elle donne les configurations des sucres ?** On peut retrouver le stéréodescripteur des carbones par convention. Pour passer de la représentation de Cram à celle de Fischer, on imagine que les substituants viennent vers nous systématiquement.
- **Avec les cycles, quelles convention ?** Représentation de Haworth. La partie en bas est vers l'avant. Donne la configuration et pas la conformation.
- **Test à la liqueur de Fehling, réaction ? Pourquoi réagit avec aldéhyde et pas cétone ?** Les cétones ne peuvent pas être oxydées de façon ménagée (sans brisure de la chaîne carbonée). Attention, l'aldéhyde est aussi l'oxydant du couple alcool/aldéhyde.



- **Quelle fonction se forme lors de la cyclisation des sucres ?** Hémiacétal : $\text{RC}(\text{OH})\text{OR}'$, Acétal : $\text{RC}(\text{OR})\text{OR}'$
- **Est-ce que les acides gras dits saturés ne comprennent aucune insaturation ?** Il reste celle de la fonction acide carboxylique : la liaison $\text{C}=\text{O}$ est une insaturation ; lorsqu'on définit les acides gras "saturés" et "insaturés", on ne parle que des insaturations de la chaîne carbonée.
- **Quelle est la configuration des acides gras présentés ? Comment s'appellent communément les acides gras E ? Sont-ils "naturels" ? Comment les forme-t-on ?** Acides gras E = acides gras trans, produits de réaction. Synthétisés par hydrogénation. (Enjeu nutritionnel important).
- **Quels intérêts présentent les acides gras saturés pour l'industrie agro-alimentaire ?** La consistance : température de fusion plus haute, donc solide à température ambiante (huile de palme dans les pâtes à tartiner pour l'onctuosité) ; la conservation : alcènes plus réactifs qu'alcanes, se conservent mieux ; le goût : les acides gras insaturés, comme l'huile d'olive, ont un goût prononcé.
- **Quelle liaison est rompue lors de la saponification ?** Rupture de la liaison $\text{C}-\text{O}$ au sein de la fonction ester (cf mécanisme).
- **Quelle base utilisait-on dans le passé, avant la soude ?** La cendre contient de la potasse, $\text{K}-\text{OH}$. Cendre + graisse animale = savon
- **Pourquoi le passage par l'eau salée à la fin de la saponification ?** Grâce à une solution saturée en NaCl , les ions Na^+ et Cl^- "occupent" les molécules d'eau, qui sont moins disponibles pour solubiliser les ions carboxylates : ils précipitent (avec Na^+ comme contre-ion). Cette étape s'appelle le relargage.
- **Dans la partie sur les molécules amphiphiles, vous avez indiqué que la vinaigrette pouvait être stabilisée par de la moutarde. Quel est le terme dans l'industrie agro-alimentaire ?** Les émulsifiants.
- **Qu'est-ce qu'une protéine ? Qu'est-ce qu'un acide aminé ? Une liaison peptidique ?** Liaison peptidique = liaison entre la fonction acide carboxylique d'un acide aminé et l'amine d'un autre.



- **Réaction de mutarotation, hémiacétalisation.** Expliquer l'équilibre linéaire-cyclique.
- **Question République : Vous êtes en TP, élève qui refuse de se mettre en binôme avec une fille car c'est une fille.** Trois interlocuteurs privilégiés : l'élève, la famille, l'administration.

Commentaires

- Vous n'avez pas du tout parlé des acides aminés et des protéines, qui sont explicitement au programme. Cela manque dans la leçon.
- Mieux argumenter sur le plan pour avoir un fil directeur : éventuellement autour des relations avec l'eau ?
- Bon point : les transparents avec des modifications progressives. Rend interactif.
- Comme toujours, le tableau peut être plus utilisé et plus coloré.

- Attention, point de vue pédagogie, à ne pas parler trop vite.
- Le test à la liqueur de Fehling aurait été plus intéressant si on avait pu comparer les comportements de différents sucres.
- On peut plutôt présenter les expériences en ne donnant pas le résultat attendu avant, et en créant une attente, donc une plus grande surprise chez les élèves. Démarche appréciée par les jurys.
- Les réactions des manip doivent être connues, surtout quand elles sont écrites au tableau. Il faut les faire apparaître en entier.
- Attention, mélanger pendant trop longtemps, c'est ennuyeux et long. Il vaut mieux préparer quelque chose à l'avance pour pouvoir sauter des étapes. Exemple : monter un reflux et en avoir un autre à côté déjà fait depuis longtemps, ce qui permet de montrer directement le produit. Le reflux 1 sert alors uniquement de démonstration.
- Dans les interactions, ne pas oublier les liaisons hydrogène pour justifier la solubilité des alcools dans l'eau.
- Il faut vraiment chauffer pour le test à la liqueur de Fehling.
- Manque de manipulation quantitative : on aurait pu essayer de calculer le rendement du savon obtenu. Même s'il n'est pas sec et que la masse est supérieure à celle attendue à cause du solvant restant, ça fait faire un calcul et on peut l'expliquer.